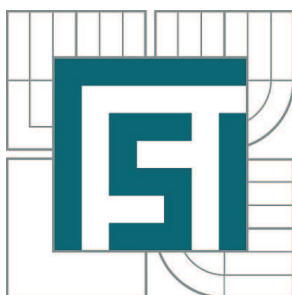


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

DIFERENCIÁLNÍ KLADKOSTROJ

DIFFERENTIAL TACKLE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

LUBOŠ MIKUNDA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ MALÁŠEK, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Luboš Mikunda

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Diferenciální kladkostroj

v anglickém jazyce:

Differential tackle

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhněte samosvorný diferenciální kladkostroj včetně nosné konstrukce dle zadaných parametrů.

Výška zdvihu 6500mm

Nosnost 900kg

Cíle bakalářské práce:

Navrhnout samosvorný diferenciální kladkostroj s posouzením mezí a bezpečnosti samosvornosti.

Navrhnout nosnou konstrukci, provést důležité pevnostní výpočty při zohlednění ruční obsluhy.

Vypracovat technickou zprávu a nakreslit sestavný výkres zařízení včetně důležitých detailů.

Seznam odborné literatury:

1. Shigley J.E., Mischke Ch.R., Budynas R.G.: Konstruování strojních součástí. 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
2. Gere J.M. and Timoshenko: Mechanics of materials. Chapman and Hall. Third SI Edition, 1989, ISBN 55-503-79.
3. Jančík L.: Části a mechanismy strojů, ČVUT Praha, 2004.
4. Klimeš P.: Části a mechanismy strojů I, II, VUT Brno 2003.
5. Julina M., Řeřábek A.: Mechanika statika pro školu a praxi. Scientia s.r.o. Praha 2000. ISBN 80-7183-188-3.
6. Janíček P., Ondráček E., Vrbka J.: Pružnost a pevnost, VUT Brno, 1992.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 12.12.2012

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce se zabývá návrhem diferenciálního kladkostroje pro nosnost 900 kg a zdvih 9,5m. Obsahuje volbu částí pevné i volné kladnice, volbu řetězu, kladek a dalších funkčních částí. Dále pevnostní výpočty čepů řetězových kol, bočnic a háku volné kladnice, podložené výkresem sestavení a důležitých detailů. Práce zahrnuje i výpočet samosvornosti s posouzením mezí.

KLÍČOVÁ SLOVA

diferenciální kladkostroj, nosnost, pevnostní výpočet, řetězová kladka, pevná kladnice, volná kladnice, samosvornost, převodový poměr

ABSTRAKT

The work deals with the differential tackle for 900 kg capacity and 9.5 m lift. Includes selection of parts fixed and free blocks, option chains, pulleys and other functional parts. Further stress analysis of pins sprockets, side panels and hook the free blocks, drawing-based assembly and important details. The work calculation includes the assessment of self-locking limit.

KEY WORDS

the differential tackle, carrying capacity, strength calculation, chain pulley, solid blocks, free blocks, self-locking, gear ratio

Bibliografická citace:

MIKUNDA, L. *Diferenciální kladkostroj*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 41 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D..

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Diferenciální kladkostroj jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně, dne:

Podpis:

PODĚKOVÁNÍ

Za cenné rady a věcné připomínky při řešení problému během tvorby bakalářské práce tímto děkuji mému vedoucímu doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D. Dále bych rád poděkoval svým rodičům za podporu při studiu na vysoké škole.

OBSAH

1. Úvod	10
2. Diferenciální kladkostroj	11
2.1 Definice kladkostroje	11
2.2 Základní informace	11
3. Konstrukce kladkostroje	12
3.1 Článkový řetěz	12
3.2 Řetězová kola	12
3.3 Čep	13
3.4 Příčník	14
3.5 Kluzná pouzdra	15
3.6 Distanční kroužky	15
3.7 Bočnice	16
3.8 Příločky	16
3.9 Matice háku	16
3.10 Axiální ložisko	17
3.11 Jeřábový hák	17
3.12 Oko	18
4. Výpočty	19
4.1 Článkový řetěz	19
4.2 Výpočet základních rozměrů 16z řetězového kola	20
4.3 Výpočet základních rozměrů 15z. řetězového kola	21
4.4 Výpočet spodního třecího kola	23
4.5 Účinnost ozubených řetězových kol	24
4.6 Samosvornost kladkostroje	25
4.7 Převodový poměr kladkostroje	25
5. Pevnostní výpočty	27
5.1 Výpočet lícovaných šroubů na smyk	27
5.2 Výpočet průměru čepu volné kladnice	27
5.3 Výpočet výšky matice háku	29
5.4 Minimální průměr dřívku	29
5.5 Výpočet průměru čepu vrchní kladnice	29
5.6 Kontrola bočnice vrchní kladnice	32

6. Závěr	34
7. Seznam použitých zdrojů	35
8. Seznam použitých zkratk a symbolů	37
9. Seznam použitých obrázků	40
10. Seznam použitých tabulek	41
11. Seznam příloh	41

1. ÚVOD

V této bakalářské práci se zabývám diferenciálním kladkostrojem. Slouží k zdvihání břemen s použitím lidského pohonu a to za pomoci značného převodového poměru. Tento typ kladkostroje se vyznačuje možností samosvornosti, což je náplní i této práce. V bakalářské práci se nejdříve zabývám základní charakteristikou diferenciálního kladkostroje. Poté přecházím k jeho návrhu a samotné konstrukci.

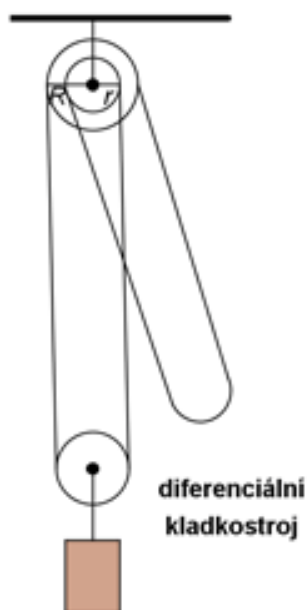
2. DIFERENCIÁLNÍ KLADKOSTROJ

2.1 Definice kladkostroje

Kladkostroj je lanové nebo řetězové zařízení, které umožňuje zdvihání břemen za použití ručního nebo elektrického pohonu. Skládá se ze soustavy kladek hybných a pevných a bývá opatřen hákem, okem či jiným zařízením pro uchycení břemene.

2.2 Základní informace

Pod pojmem diferenciální kladkostroj si lze představit několik typů kladkostrojů. V této bakalářské práci jsem se věnoval typu Westonovu, který byl nejpoužívanější a také podle nalezených zdrojů nejznámější. Skládá se z volné kladnice, s jednou kladkou a z pevné kladnice, s dvěma kladkami, které jsou k sobě pevně přichyceny. Kladky jsou vzájemně propojeny pomocí nekonečného článkového řetězu, znázornění propojení na obr.1.1.



Obr. 2.1 Schéma diferenciálního kladkostroje

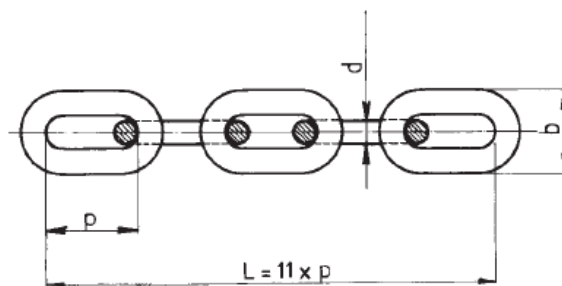
Dále jsou kladkostroje typu Tangya. Ten docílil většího převodového poměru tak, že mezi kladku hnací a hnanou zařadil ozubené soukolí. Hnací kladka není přímo na ose kladek hnaných, ale excentricky na zvláštním hřídeli v kladnici letmo uložená. Tento hřídel nese po straně druhé zvláštní kolečko ozubené, jenž zabírá s vnitřním ozubeným kolem na kladce pevné.

Mezi diferenciální kladkostroje se řadí i kladkostroje Moorův a Pickeringův, jejichž značný převod záleží ve vnitřním diferenciálním soukolí.

3. KONSTRUKCE KLADKOSTROJE

3.1 Článekový řetěz

Zvolil jsem článekový řetěz od firmy Řetězárna a.s, označení 317 256 640 060. Jedná se o řetěz 6x18,5 DIN 766.



Obr.3.2 Schéma článekového řetězu

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Číslo výrobku	Název, norma, jakost	tloušťka d mm	roztetec p mm	šířka		délka 11 x p mm	hmotnost		dovolené zatižení	zatižení	
				vnitřní a mm	vnější b mm		kg/m	kg/100 článků		zku- šební kN	trhací kN
d = 6 mm											
317 271 830 060	zkoušený T8 ČSN EN 818-2	6 ± 0,2	18 ± 0,5	7,8 min	22,2 max	-	0,80	1,44	1,12t	28,3	45,2
317 112 120 060	kalibrováný jak 30 ČSN 02 3221	6 ± 0,25	18,5 ± 0,5	-	20 ± 0,6	203,5 +1,5 -0,5	0,75	1,40	350 kg	8,8	17,5
317 156 620 060	kalibrováný T3 DIN 766	6 ± 0,2	18,5 +0,4 -0,2	7,2 min	20,4 max	203,5 +0,9 -0,5	0,80	1,48	400 kg	10	16
317 256 640 060	kalibrováný T4	6 ± 0,2	18,5 +0,4 -0,2	7,2 min	20,4 max	203,5 +0,9 -0,5	0,80	1,48	560 kg	11,3	22,6

Tab3.1 Výpis katalogu Řetězárna a.s

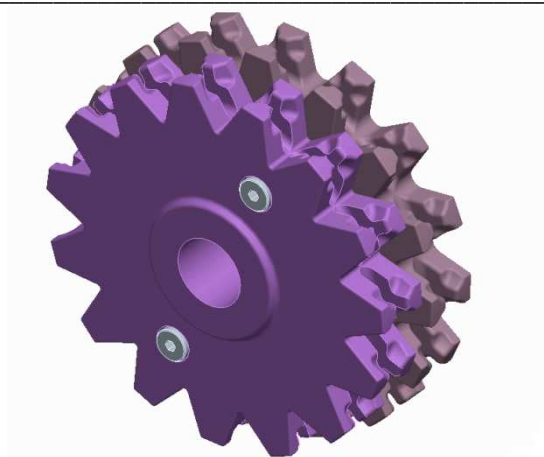
3.2 Řetězová kola

Pro vrchní kladnici

Řetězová kola musí být s předlitými lůžky, kvůli zabezpečení proti prokluzu. Nemohou být použita kola s třecím stykem.

Zvolena řetězová kola 16-ti a 15-ti zubová z šedé litiny. Hodnoty kol jsou vypočteny dle ČSN 01 4805, pomocí hodnot článekového řetězu a počtu zubů.

Kola jsou pevně spojena pomocí dvou lícovacích šroubů (M8)10x50 ISO7379.



Obr.3.3 Řetězová kola vrchní kladnice

Pro spodní kladnici

Zvolil jsem řetězové kolo s třecím stykem z šedé litiny. Hodnoty kol jsou vypočteny dle ČSN014805.



Obr.3.4 Řetězové kolo spodní kladnice

3.3 Čep

Pro vrchní kladnici

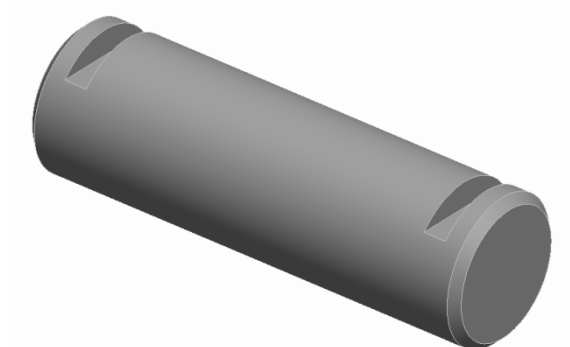
Pro řetězová kola zvolen čep o průměru 25mm a délce 110mm z materiálu 1.0060.

Jednoduchý čep bez osazení, po stranách drážky pro zajištění pozice mezi bočnicemi a proti pootočení.

Pro spodní kladnici

Pro kolo byl zvolen čep o průměru 25mm a délce 80mm z materiálu 1.0060.

Vzhledově shodný s čepem pro vrchní kladnici.



Obr.3.5 Čep spodní kladnice

3.4 Příčnick

Pro vrchní kladnici

Navržen z materiálu 1.0060 o průměru 50mm a délce 110mm.

Pro usnadnění výroby díry a závitu M20, je z horní strany zhotovena technologická ploška.

Po obou stranách vyrobeno osazení s drážkami pro zajištění pozice mezi bočnicemi a aretací proti pootočení příčnicku.

Zhotovený průchozí otvor o průměru 4mm, pro zabezpečení oka M20 pomocí závlačky 4x63 DIN94.



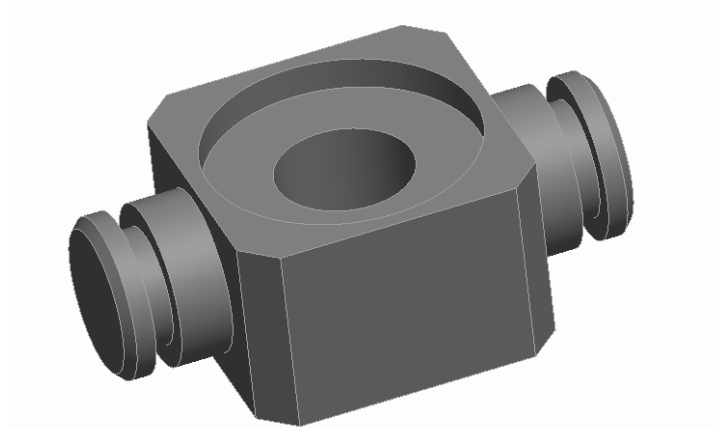
Obr.3.6 Příčnick vrchní kladnice

Pro spodní kladnici

Navržen z materiálu 1.0060 o rozměrech 30x80 a délce 47mm.

Součást kladnice, nepřímo umožňující uchycení jeřábového háku. Dřík jeřábového háku prochází skrz příčnick, axiální ložisko až do matice.

Uchycen ve dvou bočnicích, jeho pozici zajišťují příložky. Ty jsou uchyceny v drážkách po obou stranách příčnicku. Tyto drážky také umožňují naklánění jeřábového háku.



Obr. 3.7 Příčnická spodní kladnice

3.5 Kluzná pouzdra

Navrženo celobronzové pouzdro o vnitřním průměru 25mm, vnějším průměru 35mm a délce 35 mm.

Pro vrchní i spodní kladnici použita stejná pouzdra.

Voleno s ohledem na samosvornost kladkostroje.

Construction of designation:

PBM 20 28 20

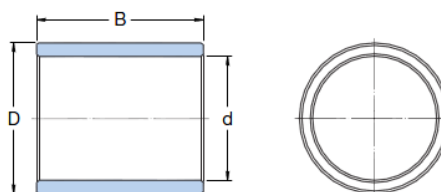
| | | |

| d D B

 Metric

Solid Bronze

Plain bearing



Designation	d mm	D mm	B mm
PBM 051006 M1	5	10	6
PBM 051008 M1	5	10	8
PBM 051010 M1	5	10	10
PBM 061206 M1	6	12	6
PBM 061208 M1	6	12	8
PBM 061212 M1	6	12	12

Designation	d mm	D mm	B mm
PBM 223220 M1G1	22	32	20
PBM 223230 M1G1	22	32	30
PBM 223240 M1G1	22	32	40
PBM 253525 M1G1	25	35	25
PBM 253535 M1G1	25	35	35
PBM 253550 M1G1	25	35	50

Tab. 3.2 Výpis katalogu SKF

3.6 Distanční kroužky

Pro vymezení vůlí mezi řetězovými koly a bočnicemi.

S vnitřním průměrem 25mm, vnějším průměrem 40mm o tloušťce 6mm, vyrobeny z materiálu 1.0050.

Pro vrchní i spodní kladnici stejné.

3.7 Bočnice

Navrženy z polotovaru široká ocel 160 x 8 ČSN 42 5524, materiál 1.0553.

Slouží k vymezení vzdálenosti mezi příčnickem a čepem kladky, tato vzdálenost je stanovena s ohledem na ostatní části kladnice.

Na bočnici jsou vyvrtány díry se závitem M5, pro přišroubování příložek.

Pro vrchní i spodní kladnice tvarově podobné.



Obr. 3.8 Bočnice spodní kladnice

3.8 Příložky

Vyrobeny z polotovaru PLO 16x6 ČSN 42 5522.01, materiál 1.0050.

Prvek, který zajišťuje pohyb ve směru osy čepů a příčníků.

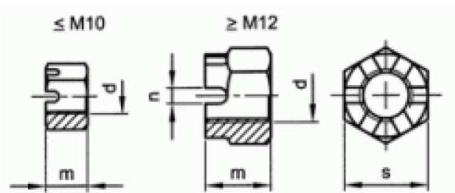
K bočnici jsou připevněny šrouby se zápusťnou hlavou M5 x 10 DIN7991.

3.9 Matice háku

Normalizovaná korunová matice M20 DIN935.

V matici je uchycena závitová část dříku jeřábového háku.

Pojištěna proti pootočení pomocí závlačky 4x36 DIN94.

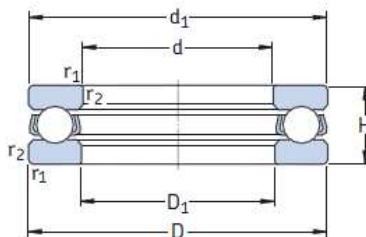


Závlačka DIN94	4x36
Počet drážek	6
n	4,5
s	30
m	22
P	2,5
d	M20

Tab.3.3 Výpis katalogu Fabory

3.10 Axiální ložisko

Uloženo mezi příčnickem a maticí háku, umožňuje natáčení háku.



Hlavní rozměry			Únosnost dyna- mická C	Únosnost sta- tická C ₀	Mezní únavové zatížení P _u	Součinitel minimálního zatížení A	Připustné otáčky		Hmot- nost	Označení
d	D	H					Referenč- ní otáčky	Mezní otáčky		
mm			kN		kN	-	min ⁻¹		kg	-
20	35	10	15,1	29	1,08	0,0044	7 500	10 000	0,037	51104
	40	14	22,5	40,5	1,53	0,0085	6 000	8 000	0,083	51204
25	42	11	18,2	39	1,43	0,0079	6 300	9 000	0,056	51105
	47	15	27,6	55	2,04	0,015	5 300	7 500	0,11	51205

Tab.3.4 Výpis z katalogu SKF

3.11 Jeřábový hák

Slouží jako prvek k zavěšení břemene na kladnici.

Zvolen jeřábový hák velikosti 1, třídy pevnosti P/4m.

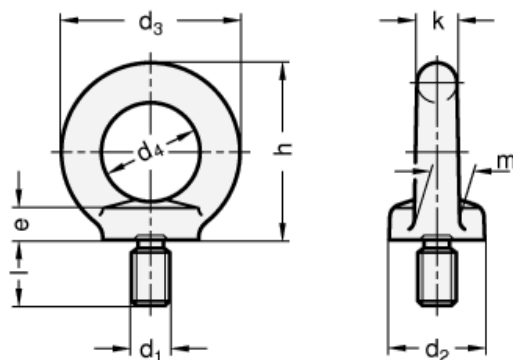
Pevnostní třída	Skupina										Pevnostní třída
P	-	-	-	1B _m	1A _m	2 _m	3 _m	4 _m	5 _m		P
V	1B _m	1A _m	2 _m	3 _m	4 _m	-	-	-	-		V
Velikost háku	Nosnost (kg)										Velikost háku
1	5000	4000	3200	2500	2000	1600	1250	1000	800		1
1,6	8000	6300	5000	4000	3200	2500	2000	1600	1250		1,6

Tab.3.5 Výpis katalogu Pavlínek s.r.o.

3.12 Oko

Slouží k zavěšení diferenciálního kladkostroje.

Zvoleno oko M20 DIN 580.

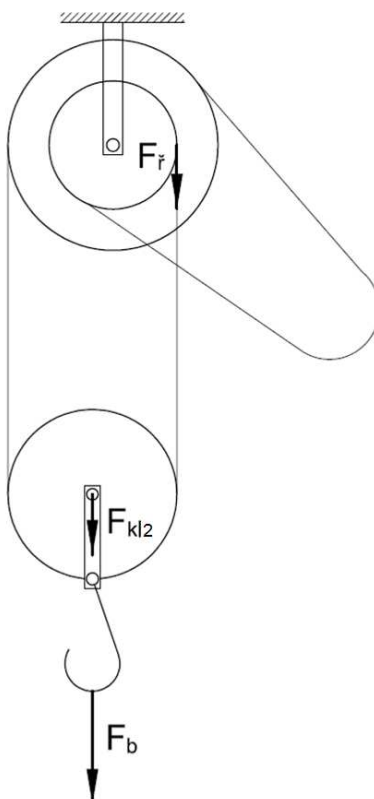


Standard Elements	Main dimensions							Threaded stud		F ₁ max. in N	F ₂ max. in N	F ₃ max. in N	Weight
Označení	d ₂	d ₃	d ₄	e	h	k	m	d ₁	l				g
DIN 580-M8-ST	20	36	20	6	36	8	10	M8	13	1400	1000	700	56
DIN 580-M10-ST	25	45	25	8	45	10	12	M10	17	2300	1700	1150	108
DIN 580-M12-ST	30	54	30	10	53	12	14	M12	20.5	3400	2400	1700	174
DIN 580-M16-ST	35	63	35	12	62	14	16	M16	27	7000	5000	3500	280
DIN 580-M20-ST	40	72	40	14	71	16	19	M20	30	12000	8600	6000	450
DIN 580-M24-ST	50	90	50	18	90	230	24	M24	36	18000	12900	9000	880
DIN 580-M30-ST	65	108	60	22	109	24	28	M30	45	32000	23000	16000	1525
DIN 580-M36-ST	75	126	70	26	128	28	32	M36	54	46000	33000	23000	2605

Tab.3.6 Výpis katalogu Eles-Ganter

4. VÝPOČTY

4.1 Článkový řetěz



Obr. 4.9 Schéma zatěžujících sil řemenu

4.1.1 Maximální zatížení řetězu

$$F_{\check{r}} = \frac{m_b \cdot g}{2} + \frac{m_{kl2} \cdot g}{2} = \frac{900 \cdot 9,81}{2} + \frac{18,6 \cdot 9,81}{2} = 4505,73 \text{ N}$$

Kde:

m_b	[kg]	hmotnost břemene
m_{kl2}	[kg]	hmotnost spodní kladnice
g	[m.s ⁻²]	tíhové zrychlení

4.1.2 Jmenovitá únosnost řetězu

$$F_{j\check{r}} = k_{\check{r}} \cdot F_{\check{r}} = 5 \cdot 4505,73 = 22528,65 \text{ N}$$

Kde:

$k_{\check{r}}$	[-]	bezpečnostní konstanta, pro ručně ovládané kladkostroje, zvoleno 5
$F_{\check{r}}$	[N]	maximální zatížení řetězu

4.1.3 Celkové délky řetězu

Z obr.1.1 je zřejmé, že řetěz musí být dostatečně dlouhý na to, aby ho mohla obsluha uchytit i při úplném spuštění volné kladky.

$$l_f > 4 \cdot l > 4 \cdot 6,5 > 26m$$

Kde:

l [m] zdvih kladkostroje

4.2 Výpočet základních rozměrů 16z řetězového kola[1]

4.2.1 Průměr roztečné kružnice

$$D_1 = \sqrt{\left(\frac{t}{\sin \frac{90^\circ}{z_1}}\right)^2 + \left(\frac{d}{\cos \frac{90^\circ}{z_1}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{18,5}{\sin \frac{90^\circ}{16}}\right)^2 + \left(\frac{6}{\cos \frac{90^\circ}{16}}\right)^2} = 188,9mm$$

Kde:

t [mm] rozteč ok řetězu

d [mm] tloušťka oka řetězu

z_1 [-] počet zubů 16z. řetězového kola

4.2.2 Průměr hlavové kružnice

$$D_{11} = D_1 + 1,5 \cdot d = 188,9 + 1,5 \cdot 6 = 197,9mm$$

Kde:

D_1 [mm] průměr roztečné kružnice 16z. řetězového kola

d [mm] tloušťka oka řetězu

4.2.3 Vzdálenost lůžka od středu kola

$$k_1 = 0,5 \cdot \left(t \cdot \cotg \frac{90^\circ}{z_1} - d \cdot \tg \frac{90^\circ}{z_1} \right) - 0,5 \cdot d$$

$$k_1 = 0,5 \cdot \left(18,5 \cdot \cotg \frac{90^\circ}{16} - 6 \cdot \tg \frac{90^\circ}{16} \right) - 0,5 \cdot 6 = 90,7mm$$

Kde:

t [mm] rozteč ok řetězu

z_1 [-] počet zubů 16z. řetězového kola

d [mm] tloušťka oka řetězu

4.2.4 Dolní průměr drážky

$$D_{12} = 2 \cdot k_1 - b = 2 \cdot 90,7 - 20 = 161,4mm$$

Kde:

k_1	[mm]	vzdálenost lůžka od středu 16z. řetězového kola
b	[mm]	šířka oka řetězu

4.2.5 Šířka drážky

$$c_1 = 1,25 \cdot d = 1,25 \cdot 6 = 7,5mm$$

Kde:

d	[mm]	tloušťka oka řetězu
-----	------	---------------------

4.2.6 Šířka věnce

$$s_{1min} = b + (1,2 \text{ až } 2) \cdot d = 20 + 1,2 \cdot 6 = 27,2mm$$

Kde:

b	[mm]	šířka oka řetězu
d	[mm]	tloušťka oka řetězu

4.3 Výpočet základních rozměrů 15z. řetězového kola [1]**4.3.1 Průměr roztečné kružnice**

$$D_2 = \sqrt{\left(\frac{t}{\sin \frac{90^\circ}{z_2}}\right)^2 + \left(\frac{d}{\cos \frac{90^\circ}{z_2}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{18,5}{\sin \frac{90^\circ}{15}}\right)^2 + \left(\frac{6}{\cos \frac{90^\circ}{15}}\right)^2} = 176,6mm$$

Kde:

t	[mm]	rozteč ok řetězu
d	[mm]	tloušťka oka řetězu
z_2	[-]	počet zubů 15z. řetězového kola

4.3.2 Průměr hlavové kružnice

$$D_{21} = D_2 + 1,5 \cdot d = 176,6 + 1,5 \cdot 6 = 185,6mm$$

Kde:

D_2	[mm]	průměr roztečné kružnice 15z. řetězového kola
d	[mm]	tloušťka oka řetězu

4.3.3 Vzdálenost lůžka od středu kola

$$k_2 = 0,5 \cdot \left(t \cdot \cotg \frac{90^\circ}{z} - d \cdot \tg \frac{90^\circ}{z} \right) - 0,5 \cdot d$$

$$k_2 = 0,5 \cdot \left(18,5 \cdot \cotg \frac{90^\circ}{15} - 6 \cdot \tg \frac{90^\circ}{15} \right) - 0,5 \cdot 6 = 84,5mm$$

Kde:

t	[mm]	rozteč ok řetězu
z_2	[-]	počet zubů 15z. řetězového kola
d	[mm]	tloušťka oka řetězu

4.3.4 Dolní průměr drážky

$$D_{22} = 2 \cdot k_2 - b = 2 \cdot 84,5 - 20 = 148,9mm$$

Kde:

k_2	[mm]	vzdálenost lůžka od středu 15z. kola
b	[mm]	šířka oka řetězu

4.3.5 Šířka drážky

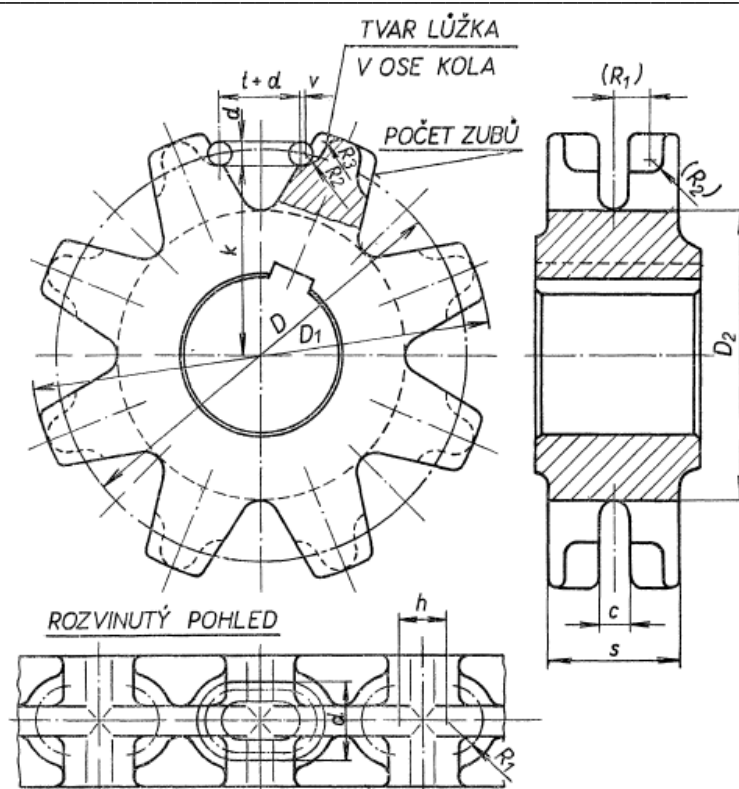
Rozměrově stejné jako u 16z. řetězového kola

$$c_2 = 7,5mm$$

4.3.6 Šířka věnce

Rozměrově stejné jako u 16z. řetězového kola

$$s_{2min} = 27,2mm$$



Obr. 4.10 Přehled rozměrů řetězového kola

4.4 Výpočet spodního třecího kola [1]

Zvolen $D_3 = 84\text{mm}$

Kde:

D_3 [mm] průměr roztečné kružnice třecího kola

4.4.1 Šířka drážky

$$c_3 = 1,25 \cdot d = 1,25 \cdot 6 = 7,5\text{mm}$$

Kde:

d [mm] tloušťka oka řetězu

4.4.2 Šířka věnce

$$s_{3min} = b + (1,2 \text{ až } 2) \cdot d_t = 20 + 1,2 \cdot 6 = 27,2\text{mm}$$

Kde:

b [mm] šířka oka řetězu

d [mm] tloušťka oka řetězu

4.4.3 Průměr hlavové kružnice

$$D_{31} = D_3 + 1,5 \cdot d = 84 + 1,5 \cdot 6 = 93 \text{ mm}$$

Kde:

D_3	[mm]	průměr roztečné kružnice třecího kola
d	[mm]	tloušťka oka řetězu

4.5 Účinnost ozubených řetězových kol

4.5.1 Účinnost 16z. řetězového kola [2]

$$\eta_1 = \frac{R_1}{R_1 + f_{\zeta} \cdot d + 2 \cdot r_{\zeta 1} \cdot f_p} = \frac{94,45}{94,45 + 0,1 \cdot 6 + 2 \cdot 12,5 \cdot 0,08} = 0,973$$

Kde:

R_1	[mm]	poloměr roztečné kružnice 16z. řetězového kola
f_{ζ}	[-]	součinitel tření čepu
d	[mm]	tloušťka oka řetězu
$r_{\zeta 1}$	[mm]	poloměr čepu vrchní kladnice
f_p	[-]	koeficient tření kluzného pouzdra

4.5.2 Účinnost 15z. řetězového kola [2]

$$\eta_2 = \frac{R_2}{R_2 + f_{\zeta} \cdot d + 2 \cdot r_{\zeta 1} \cdot f_p} = \frac{88,3}{88,3 + 0,1 \cdot 6 + 2 \cdot 12,5 \cdot 0,08} = 0,971$$

Kde:

R_2	[mm]	poloměr roztečné kružnice 15z. řetězového kola
f_{ζ}	[-]	součinitel tření čepu
d	[mm]	tloušťka oka řetězu
$r_{\zeta 1}$	[mm]	poloměr čepu vrchní kladnice
f_p	[-]	koeficient tření kluzného pouzdra

4.5.3 Celková účinnost ozubených řetězových kol

$$\eta_c = \eta_1 \cdot \eta_2 = 0,973 \cdot 0,971 = 0,945$$

Kde:

η_1	[-]	účinnost 16z. řetězového kola
η_2	[-]	účinnost 15z. řetězového kola

4.6 Samosvornost kladkostroje

Jednou z výhod diferenciálního kladkostroje je samosvornost. Dochází tedy k samočinnému brzdění a je i možnost zastavení břemene v libovolné výši. To je důležité pro oddech dělníka pracujícího s kladkostrojem a také pro bezpečnost práce.

4.6.1 Podmínka samosvornosti [3]

$$\eta_c^2 \leq \frac{z_2}{z_1} \Rightarrow 0,945^2 \leq \frac{15}{16} \Rightarrow 0,89 \leq 0,93 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

kde:

η_c	[-]	celková účinnost ozubených řetězových kol
z_2	[-]	počet zubů 15z. řetězového kola
z_1	[-]	počet zubů 16z. řetězového kola

4.6.2 Výpočet mezi samosvornosti

$$\eta_c^2 = \frac{z_{2min}}{z_{1min}} \Rightarrow 0,89 = \frac{89}{100}$$

Kde:

η_c	[-]	celková účinnost ozubených řetězových kol
z_{2min}	[-]	minimální počet zubů menšího ozubeného řetězového kola
z_{1min}	[-]	minimální počet zubů většího ozubeného řetězového kola

Pro navržený kladkostroj je minimální možný poměr ozubených kol $\approx 9/10$

4.7 Převodový poměr kladkostroje

Převodový poměr je jedna z charakteristických hodnot pro každý kladkostroj. Kladkostroje mají za úkol zmenšit potřebnou sílu pro zdvižení břemene a to pomocí soustavy kladek z pravidla jedné pevné a nejméně jedné volné kladnice.

4.7.1 Výpočet převodového poměru [3]

$$i_k = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_1}{\frac{1}{2}(2 \cdot \pi \cdot R_1 - 2 \cdot \pi \cdot R_2)} = \frac{2 \cdot R_1}{R_1 - R_2} = \frac{2 \cdot D_1}{D_1 - D_2}$$

$$i_k = \frac{2 \cdot 188,9}{188,9 - 176,6} = 30,72$$

Kde:

R_1 [mm] poloměr roztečné kružnice 16z. řetězového kola

R_2 [mm] poloměr roztečné kružnice 15z. řetězového kola

D_1 [mm] průměr roztečné kružnice 16z. řetězového kola

D_2 [mm] průměr roztečné kružnice 15z. řetězového kola

4.7.2 Výpočet síly potřebné ke zvednutí břemene [3]

$$i_k = \frac{F_b}{F} \Rightarrow F = \frac{F_b}{i_k} = \frac{8829}{30,72} = 287,4N$$

Kde:

i_k [-] převodový poměr diferenciálního kladkostroje

F_b [N] zatížení hmotností břemene

5. PEVNOSTNÍ VÝPOČTY

5.1 Výpočet lícovaných šroubů na smyk

$$F_s = \frac{\frac{D_1 + D_2}{2} \cdot F_{\check{r}}}{n_{\check{s}} \cdot \frac{D_{\check{s}}}{2}} = \frac{\frac{188,9 + 176,6}{2} \cdot 4505,7}{2 \cdot \frac{110}{2}} = 7485,65 N$$

$$\sigma_{s1} = \frac{4 \cdot F_s}{\pi \cdot d_{\check{s}}^2} \leq \sigma_{s1dov} \sigma_{s1} = \frac{4 \cdot 7485,65}{\pi \cdot 10^2} = 95,31 \text{ MPa} \leq 730 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

kde:

F_s	[N]	střižná síla
D_1	[mm]	průměr roztečné kružnice 16z.
D_2	[mm]	průměr roztečné kružnice 15z.
$D_{\check{s}}$	[mm]	průměr roztečné kružnice lícovaných šroubů
$F_{\check{r}}$	[N]	maximální zatížení řetězu
σ_{s1}	[MPa]	smykové napětí působící na líc. šroub
$d_{\check{s}}$	[mm]	průměr lícovaného šroubu
σ_{s1dov}	[MPa]	dovolené smykové napětí pro líc. šroub, 730 MPa
$n_{\check{s}}$	[-]	počet lícovaných šroubů

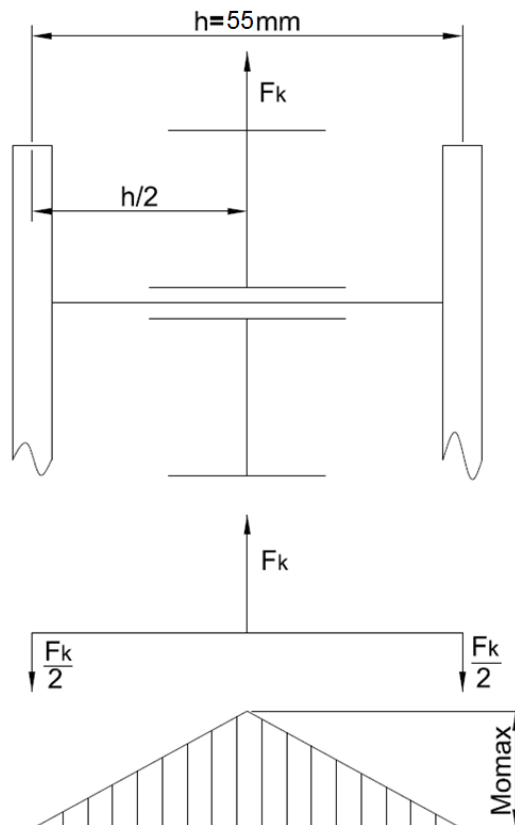
5.2 Výpočet průměru čepu spodní kladnice

5.2.1 Zatěžující síla čepu spodní kladnice

$$F_k = F_b + F_{kl} = 8829 + 182,5 = 9011,5 N$$

Kde:

F_b	[N]	zatížení hmotností břemene
F_{kl}	[N]	zatížení hmotností spodní kladnice



Obr. 5.11 Zatížení čepu volné kladnice

5.2.2 Maximální ohybový moment

$$M_{o1max} = \frac{F_k \cdot h}{4} = \frac{9011,5 \cdot 55}{4} = 123908,12 \text{ Nmm}$$

Kde:

F_k	[N]	zatěžující síla čepu spodní kladnice
h	[mm]	vzdálenost středů bočnic spodní kladnice

5.2.3 Minimální průměr čepu

$$\sigma_{o1max} = \frac{M_{o1max}}{W_{o1}} \leq \sigma_{DO} \Rightarrow \frac{M_{o1max}}{\frac{\pi \cdot d_1^3}{32}} \leq \sigma_{DO1}$$

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{o1max}}{\pi \cdot \sigma_{DO}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 123908,12}{\pi \cdot 260}} = 16,93 \text{ mm}$$

Kde:

M_{o1max}	[Nmm]	maximální ohybový moment čepu spodní kladnice
W_{o1}	[mm ³]	modul průřezu v ohybu čepu spodní kladnice
σ_{DO}	[MPa]	dovolené napětí v ohybu, pro materiál 1.0060

5.3 Výpočet výšky matice háku [7]

$$p_z = \frac{F_B \cdot p}{\pi \cdot h_z \cdot d_{2z} \cdot l_1} \leq p_{Dz}$$

$$l_1 = \frac{F_B \cdot p}{\pi \cdot h_z \cdot d_{2z} \cdot p_{Dz}} = \frac{8829 \cdot 2,5}{\pi \cdot 1,35 \cdot 18,38 \cdot 20} = 14,16 \text{ mm}$$

Kde:

F_B	[N]	zatížení hmotností břemene
p	[mm]	stoupání závitu
h_z	[mm]	nosná výška závitu
d_{2z}	[mm]	střední průměr závitu
p_{Dz}	[MPa]	dovolené tlakové napětí závitu

5.4 Minimální průměr dřívku

$$\sigma_{tD} = \frac{F_b}{S_z} = \frac{F_b}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} \leq \sigma_{tDD}$$

$$d_{3min} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_b}{\pi \cdot \sigma_{tDD}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8829}{\pi \cdot 50}} = 15 \text{ mm}$$

$$d_{3min} \leq d_3$$

$$15 \text{ mm} \leq 16,93 \text{ mm} \Rightarrow \text{závit vyhovuje}$$

Kde:

F_b	[N]	zatížení hmotností břemene
σ_{tDD}	[MPa]	dovolené tahové napětí dřívku
d_3	[mm]	hlavová průměr závitu M20

5.5 Výpočet průměru čepu vrchní kladnice

5.5.1 Zatížení celkovou hmotností řetězu

$$F_{rc} = l_r \cdot m_{mř} \cdot g = 26 \cdot 0,8 \cdot 9,81 = 204,05 \text{ N}$$

Kde:

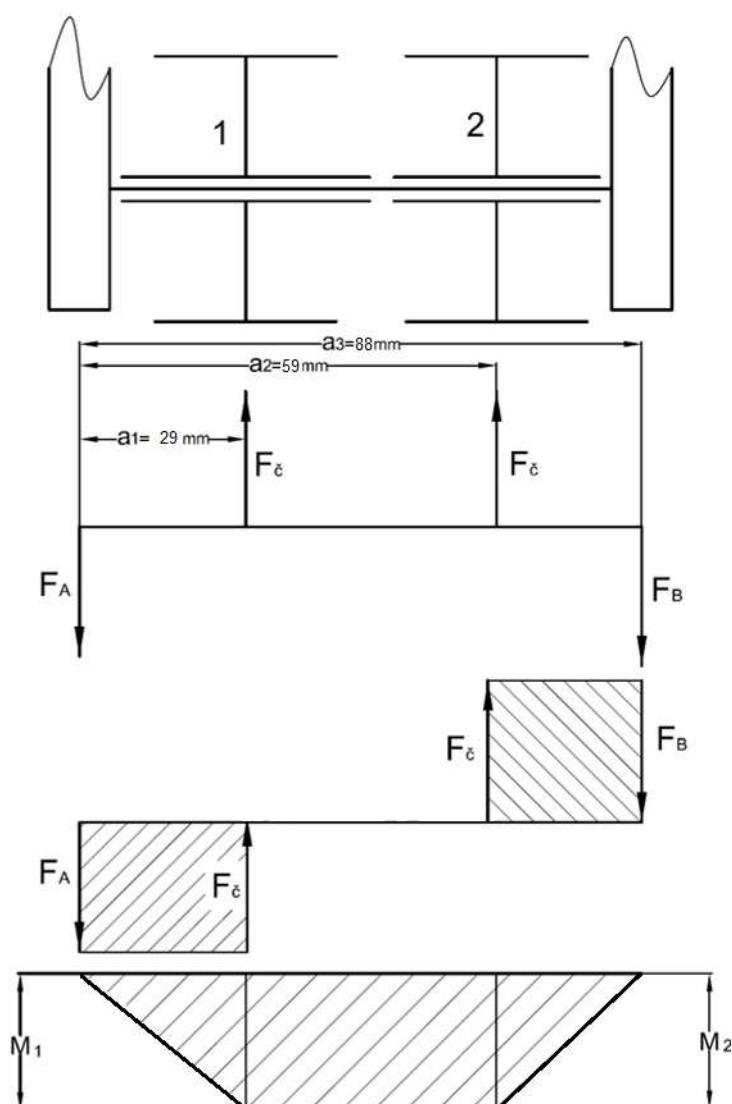
l_r	[m]	celková délka řetězu
$m_{mř}$	[kg.m ⁻¹]	hmotnost jednoho metru řetězu
g	[m.s ⁻²]	tíhové zrychlení

5.5.2 Výpočet zatěžujících sil čepu vrchní kladnice

$$F_{\check{c}} = \frac{F_b + F_{kl} + F_{\check{r}c}}{2} = \frac{8829 + 182,5 + 204,05}{2} = 4607,78 \text{ N}$$

Kde:

$F_{\check{r}c}$	[N]	zatížení celkovou hmotností řetězu
F_b	[N]	zatížení hmotností břemene
F_{kl}	[N]	zatížení hmotností spodní kladnice



Obr. 5.12 Zatížení čepu pevné kladnice

5.5.3 Výpočet vazbových sil

Odvozeno z rovnováhy sil a momentů

$$F_B = \frac{F_{\zeta} \cdot a_1 + F_{\zeta} \cdot a_2}{a_3} = \frac{4607,78 \cdot 29 + 4607,78 \cdot 59}{88} = 4607,78 N$$

Kde:

F_{ζ}	[N]	zatížení působící na čep
F_B	[N]	vazbová síla působící na bočnici
$a_{1,2,3}$	[mm]	vzdálenosti kol od středu bočnice (viz. obr. 5.1)

$$F_A = 2 \cdot F_{\zeta} - F_b = 2 \cdot 4607,78 - 4607,78 = 4607,78 N$$

$$F_A = F_B$$

Kde:

F_{ζ}	[N]	zatížení působící na čep
F_b	[N]	zatížení hmotností břemene
F_B	[N]	zatížení působící na bočnici

5.5.4 Výpočet max. ohybového momentu

$$M_0 = -F_A \cdot a_1 = -4607,78 \cdot 29 = -133625,62 Nmm$$

Kde:

M_0	[Nmm]	ohybový moment v místě působení 1
F_A	[N]	vazbová síla působící na bočnici

Největší ohybový moment působí od bodu jedna po bod dva.

5.5.5 Výpočet minimálního průměru čepu vrchní kladnice

$$d_2 \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_0}{\pi \cdot \sigma_{DO}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 133625,62}{\pi \cdot 260}} = 17,36 mm$$

Kde:

M_0	[Nmm]	ohybový moment v místě působení 1
σ_{DO}	[MPa]	maximální dovolené zatížení v ohybu pro mat. 1.0060

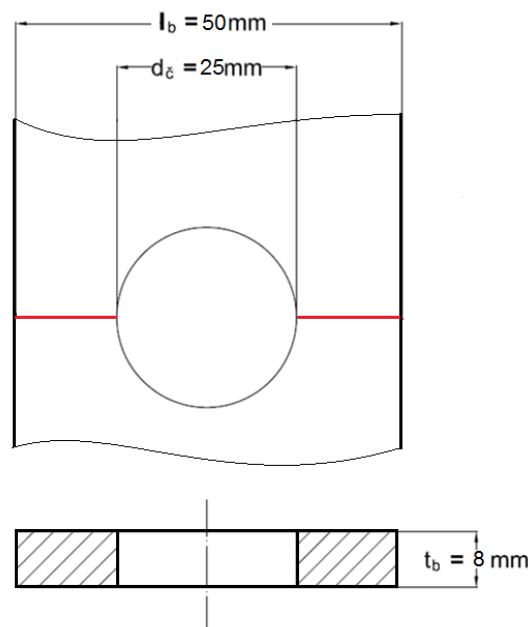
5.5.6 Kontrola čepu na smyk

$$\sigma_{s2} = \frac{4 \cdot F_A}{\pi \cdot d_{\check{c}}^2} \leq \sigma_{s2dov} \Rightarrow \sigma_s = \frac{4 \cdot 4607,78}{\pi \cdot 25^2} = 9,39 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Kde:

σ_{s2}	[MPa]	smykové napětí působící na čep
F_A	[N]	vazbová síla působící na bočnici
$d_{\check{c}}$	[mm]	průměr čepu vrchní kladnice
σ_{s2dov}	[MPa]	dovolené smykové napětí pro materiál 1.0060

5.6 Kontrola bočnice vrchní kladnice



Obr.5.13 Detail vrchní kladnice

5.6.1 Kontrola bočnice na otláčení

$$p_b = \frac{F_A}{S_{p2}} = \frac{F_A}{t_b \cdot d_{\check{c}}} \leq p_D$$

$$p_b = \frac{4607,78}{8 \cdot 25} = 23,04 \text{ MPa} \leq 50 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Kde:

F_A	[N]	vazbová síla působící na bočnici
t_b	[mm]	tloušťka bočnice vrchní kladnice
$d_{\check{c}}$	[mm]	průměr čepu vrchní kladnice
p_D	[MPa]	dovolené tlakové zatížení mat. 1.0553

5.6.2 Kontrola bočnice na tah

$$\sigma_{tb2} = \frac{F_A}{S_{tb}} = \frac{F_A}{(l_b - d_{\check{c}}) \cdot t_b} \leq \sigma_{dt}$$

$$\sigma_{tb2} = \frac{4607,78}{(50-25) \cdot 8} = 23,04 \text{ MPa} \leq 110 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Kde:

F_A	[N]	vazbová síla působící na bočnici
l_b	[mm]	šířka bočnice pevné kladnice
$d_{\check{c}}$	[mm]	průměr čepu vrchní kladnice
t_b	[mm]	tloušťka bočnice vrchní kladnice
σ_{dt}	[MPa]	dovolené napětí v tahu pro mat. 1.0553

6. ZÁVĚR

Úkolem bakalářské práce bylo provést návrh a výpočet samosvorného diferenciálního kladkostroje. Pevnostně kontrolované součásti kladkostroje byly navrženy s vysokým stupněm bezpečnosti při relativně malých rozměrech. Některé kladkostroje součásti se musely rozměrově, tím pádem i pevnostně, předimenzovat kvůli správné skladbě a funkčnosti normalizovaných dílů. Mnou navržená konstrukce kladkostroje umožňuje kývavý a rotační pohyb háku na volné kladnici, pro lepší manipulování při upínání a odepínání břemene. Oproti tomu oko na pevné kladnici je zajištěno proti pohybu, aby nedocházelo ke zbytečnému natáčení kladkostroje při provozu a případnému zamotávání řetězu.

V současnosti jsem nenašel výrobce, který by vyráběl tento typ diferenciálního kladkostroje. Z toho usuzuji, že nevýhody převyšují nad výhodami a jsou výhodnější jiné konstrukce kladkostrojů.

7. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Norma ČSN ISO 01 4805: 1969. *Řetězová kola pro svařované řetězy – kalibrované krátkočládkové a dlouhočládkové – Výpočet a konstrukce profilu zubů*. Praha: Český normalizační institut, 1971. 9s
- [2] REMTA, F., KUPKA, L., SKALSKÝ, R, *Jeřáby*. Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 1961
- [3] MALÁŠEK, Jiří, *Dopravní a manipulační zařízení*. Skripta ,Elektronické vydání Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010.
- [4] GAJDŮŠEK, Jaroslav, ŠKOPÁN, Miroslav, *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. 1. vyd. VUT Brno: Rektorát Vysokého technického učení technického v Brně, 1988. 277s., A236 735/e
- [5] LEINVEBER, Jan, ŘASA, Jaroslav, VÁVRA, Pavel, *Strojnické tabulky*. 3. dopl. vyd. Praha: Scientia, 2000. 985s. ISBN 80-7183-164-6
- [6] PŘEMYSL, Janíček, et al, *Mechanika těles: Pružnost pevnost I*. 3. přeprac. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 287 s. ISBN 80-214-2592-X.
- [7] ZELENÝ, Jiří, *Stavba strojů: Strojní součásti*. 1 . vyd. Praha 4 : Computer Press, 2000. 157s. ISBN 80-7226-311-0.
- [8] Katalog SKF - *Axiální kuličková ložiska*, 22s., dostupný na WWW: <http://www.skf.com/files/515996.pdf>
- [9] Katalog SKF - *Kluzná ložiska*, 54 s., dostupný na WWW: http://www.exvalos.cz/soubory/File/SKF_kluzna_loziska.pdf
- [10] Katalog Řetězárna a.s. - *Řetězy zkoušené, řetězy nezkoušené, řetězy o vyšší pevnosti*, 38s.

[11] Katalog Fabory s.r.o. - *Spojovací materiál*, dostupný na WWW:

<http://www.fabory.cz/pdf/cs/1400/12000.200.001.pdf>

[12] Katalog Eles-Ganter s.r.o. - *Strojní prvky*, dostupný na WWW:

<http://www.elesa-ganter.com/cz/32/sps/8017/4/1/25/53/1342/?t=-8588322879633211756>

[13] Katalog Pavlínek s.r.o. - *Tabulka nosností pro háky RS a RF*, dostupný na WWW:

http://www.vazaky-online.cz/soubory/690008016/Tabulka_nosnosti.pdf

8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$a_{1,2,3}$	[mm]	Vzdálenosti kol od středu bočnice vrchní kladnice
b	[mm]	Šířka oka řetězu
c_1	[mm]	Šířka drážky 16z. řetězového kola
c_2	[mm]	Šířka drážky 15z. řetězového kola
c_3	[mm]	Šířka drážky třetího kola
d	[mm]	Tloušťka oka řetězu
D_1	[mm]	Průměr roztečné kružnice 16z. řetězového kola
d_1	[mm]	Minimální průměr čepu spodní kladnice
D_{11}	[mm]	Průměr hlavové kružnice 16z. řetězového kola
D_{12}	[mm]	Dolní průměr drážky 16z. řetězového kola
D_2	[mm]	Průměr roztečné kružnice 15z. řetězového kola
d_2	[mm]	Minimální průměr čepu vrchní kladnice
D_{21}	[mm]	Průměr hlavové kružnice 15z. řetězového kola
D_{22}	[mm]	Dolní průměr drážky 15z. řetězového kola
d_{2z}	[mm]	Střední průměr závitu M20
D_3	[mm]	Průměr roztečné kružnice třetího kola
d_3	[mm]	Hlavový průměr závitu M20
D_{31}	[mm]	Průměr hlavové kružnice třetího kola
d_{3min}	[mm]	Minimální hlavový průměr závitu dříku
d_{ξ}	[mm]	Průměr čepu vrchní kladnice
D_{ξ}	[mm]	Průměr roztečné kružnice lícovaných šroubů
d_{ξ}	[mm]	Průměr lícovaného šroubu
F	[N]	Lidská síla potřebná ke zvednutí břemene
F_A, F_B	[N]	Zatížení působící na bočnici vrchní kladnice

f_{ζ}	[-]	Součinitel tření čepu
F_{ζ}	[N]	Zatížení působící na čep vrchní kladnice
$F_{jř}$	[N]	Jmenovitá únosnost řetězu
F_k	[N]	Zatěžující síla čepu spodní kladnice
F_{kl}	[N]	zatížení hmotností spodní kladnice
f_p	[-]	Koeficient tření kluzného pouzdra
$F_{\bar{r}}$	[N]	Maximální zatížení řetězu
$F_{\bar{r}c}$	[N]	Zatížení celkovou hmotností řetězu
F_s	[N]	Střižná síla
g	$[ms^{-2}]$	Tíhové zrychlení
h	[mm]	Vzdálenost středů bočnic spodní kladnice
h_z	[mm]	Nosná výška závitu M20
i_k	[-]	Převodový poměr kladkostroje
k_1	[mm]	Vzdálenost lůžka od středu 16z. řetězového kola
k_2	[mm]	Vzdálenost lůžka od středu 15z. řetězového kola
$k_{\bar{r}}$	[-]	Bezpečnostní konstanta pro ručně ovládané kladkostroje
l	[m]	Zdvih
l_b	[mm]	Šířka bočnice pevné kladnice
$l_{\bar{r}}$	[m]	Celková délka řetězu
m_b	[kg]	Hmotnost břemene
m_{kl2}	[kg]	Hmotnost spodní kladnice
$m_{mř}$	$[kgm^{-1}]$	Hmotnost jednoho metru řetězu
M_o	[Nmm]	Ohybový moment v místě působení 1
M_{o1max}	[Nmm]	Maximální ohybový moment čepu spodní kladnice
η_l	[-]	Účinnost 16z. řetězového kola

η_2	[-]	Účinnost 15z. řetězového kola
η_c	[-]	Celková účinnost ozubených řetězových kol
n_s	[-]	Počet lícovaných šroubů
σ_{do}	[MPa]	Maximální dovolené zatížení v ohybu pro mat. 1.0060
σ_{dt}	[MPa]	Dovolené napětí v tahu pro materiál 1.0553
σ_{O1max}	[MPa]	Maximální napětí v ohybu čepu spodní kladnice
σ_{s1}	[MPa]	Smykové napětí působící na lícovaný šroub
σ_{s1dov}	[MPa]	Dovolené smykové napětí pro lícovaný šroub
σ_{s2}	[MPa]	Smykové napětí působící na čep vrchní kladnice
σ_{tb2}	[MPa]	Napětí v tahu vrchní bočnice
σ_{tD}	[MPa]	Tlakové napětí dřívku háku
σ_{tDD}	[MPa]	Dovolené tlakové napětí dřívku háku
p	[mm]	Stoupání závitu M20
p_b	[MPa]	Tlak působící na vrchní bočnici
p_D	[MPa]	Dovolené tlakové zatížení materiálu 1.0553
p_{dz}	[MPa]	Dovolené tlakové napětí závitu matice háku
p_z	[MPa]	Tlakové napětí závitu matice háku
R_1	[mm]	Poloměr roztečné kružnice 16z. řetězového kola
R_2	[mm]	Poloměr roztečné kružnice 15z. řetězového kola
r_{c1}	[mm]	Poloměr čepu vrchní kladnice
s_{1min}	[mm]	Šířka věnce 16z. řetězového kola
s_{2min}	[mm]	Šířka věnce 15z. řetězového kola
s_{3min}	[mm]	Šířka věnce třecího kola
S_{tb}	[mm ²]	Obsah minimálního průřezu vrchní bočnice
S_z	[mm ²]	Obsah průřezu dřívku háku

t	[mm]	Rozteč ok řetězu
t_b	[mm]	Tloušťka bočnice vrchní kladnice
W_{01}	[mm ³]	Modul průřezu v ohybu čepu spodní kladnice
z_1	[-]	Počet zubů 16z. řetězového kola
z_{1min}	[-]	Minimální počet zubů většího ozubeného řetězového kola
z_2	[mm]	Počet zubů 15z. řetězového kola
z_{2min}	[-]	Minimální počet zubů menšího ozubeného řetězového kola

9. SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

- 2.1 Schéma diferenciálního kladkostroje
- 3.2 Schéma článkového řetězu [10]
- 3.3 Řetězová kola vrchní kladnice
- 3.4 Řetězové kolo spodní kladnice
- 3.5 Čep spodní kladnice
- 3.6 Příčník vrchní kladnice
- 3.7 Příčník spodní kladnice
- 3.8 Bočnice spodní kladnice
- 4.9 Schéma zatěžujících sil řemenu
- 4.10 Přehled rozměrů řetězového kola [1]
- 5.11 Zatížení čepu volné kladnice
- 5.12 Zatížení čepu pevné kladnice
- 5.13 Detail vrchní kladnice

10. SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

3.1 Výpis katalogu Řetězárna a.s.[10]

3.2 Výpis katalogu SKF [9]

3.3 Výpis katalogu Fabory [11]

3.4 Výpis z katalogu SKF [8]

3.5 Výpis katalogu Pavlínek s.r.o.[13]

3.6 Výpis katalogu Eles-Ganter [12]

11. SEZNAM PŘÍLOH

000 00 00 301	Výkres sestavy	Sestava
105 00 00 301	Výrobní výkres	Řetězové kolo 15z.
112 00 00 301	Sestava svařence	Bočnice vrchní
118 00 00 301	Výrobní výkres	Spodní příčník